ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 DÉCEMBRE 1917.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de Sir **Archibald Geikie** pour occuper la place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Suess*.

Il est donné lecture de ce Décret.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation fonctionnelle se présentant dans la théorie de la distribution de l'électricité avec la loi de Neumann.* Note de M. **Émile Picard**.

1. J'ai étudié dans mon cours en 1908 le problème de la distribution de l'électricité, en envisageant une loi d'attraction relative à un potentiel plus général que le potentiel newtonien, je veux parler du potentiel (envisagé d'abord par Neumann) de la forme

$$\frac{e^{-kr}}{r} \quad (k > 0). \tag{1}$$

La loi des attractions électriques correspond alors à la fonction de la distance

$$-\frac{d}{dr}\left(\frac{e^{-kr}}{r}\right) \quad \text{au lieu de} \quad \frac{1}{r^2}.$$

J'ai montré [1] que le problème général de la distribution électrique

[1] E. Picard, *Sur la distribution de l'électricité avec la loi de Neumann et sur le pouvoir refroidissant d'un courant fluide* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, t. 25, 1908).

avec le potentiel (1) se ramène à une équation intégrale de Fredholm. Le problème est d'ailleurs différent du cas classique, car il y a ici à trouver une couche *superficielle* à la surface du conducteur et une distribution à l'*intérieur* du conducteur, l'*électricité*, *pour* $k \neq 0$, *ne se portant pas uniquement à la surface*. Dans le Mémoire cité, j'ai seulement énoncé certains résultats concernant une équation fonctionnelle qui se présentait dans mon analyse, résultats que j'avais démontrés dans mon cours. Je vais ici indiquer ces démonstrations. Posons

$$f(r) = -\frac{d}{dr}\left(\frac{e^{-kr}}{r}\right)$$

et désignons par s un point quelconque de la surface du conducteur. L'équation fonctionnelle en question est l'équation intégrale du type de Fredholm :

$$\rho_s - \frac{\lambda}{2\pi}\int\int f(r)\cos\psi.\rho_\sigma\, d\sigma = U_s, \tag{2}$$

où ψ désigne l'angle que fait avec la normale intérieure en s la droite joignant le point s à l'élément $d\sigma$, et U_s une fonction donnée sur la surface. Il s'agit de démontrer que les valeurs singulières de λ, c'est-à-dire les valeurs de λ, pour lesquelles l'équation sans second membre

$$\rho_s - \frac{\lambda}{2\pi}\int\int f(r)\cos\psi.\rho_\sigma\, d\sigma = 0 \tag{3}$$

admet une solution ρ non identiquement nulle, *sont réelles et ont une valeur absolue supérieure à l'unité*.

2. Rappelons d'abord quelques propriétés du potentiel de simple couche

$$V = \int\int \rho_\sigma \frac{e^{-kr}}{r}\, d\sigma$$

[r étant la distance du point (x, y, z) à l'élément $d\sigma$].

Ce potentiel satisfait à l'équation $\Delta V = k^2 V$; en outre il est continu pour le passage à travers la surface, mais il n'en est pas de même pour la dérivée normale. En désignant par $\frac{dV}{dn}$ et $\frac{dV'}{dn}$ les dérivées limites pour l'intérieur et l'extérieur de la surface (la normale étant prise vers l'intérieur), on a en un point s de la surface

$$\frac{dV'}{dn} - \frac{dV}{dn} = 4\pi\rho_s,$$

$$\frac{dV'}{dn} + \frac{dV}{dn} = 2\int\int f(r)\cos\psi.\rho_\sigma\, d\sigma.$$

On peut d'ailleurs écrire $V' = V$, à cause de la continuité pour le passage par la surface.

Si donc ρ satisfait à l'équation (3) pour une certaine valeur λ_0 de λ, sans être identiquement nul, on aura

$$\frac{dV'}{dn} - \frac{dV}{dn} = \lambda_0\left(\frac{dV'}{dn} + \frac{dV}{dn}\right). \tag{4}$$

Démontrons tout d'abord que λ_0 ne peut être complexe. Soit en effet $\lambda_0 = \alpha + i\beta$, on aura $\rho = \rho_1 + i\rho_2$, d'où deux potentiels V_1 et V_2 correspondant à ρ_1 et ρ_2. On écrira les deux équations résultant de (4) en posant $V = V_1 + iV_2$. Multipliant ces équations par V_2 et V_1, les retranchant et intégrant après multiplication par $d\sigma$, on obtient la relation

$$\beta\left[\iint V_1 \frac{dV_1}{dn} d\sigma + \iint V_2 \frac{dV_2}{dn} d\sigma + \iint V'_1 \frac{dV'_1}{dn} d\sigma + \iint V'_2 \frac{dV'_2}{dn} d\sigma\right] = 0. \tag{5}$$

La quantité entre crochets est donc nulle, puisque β est supposé différent de zéro.

De même, en multipliant les mêmes équations par V_1 et V_2, les ajoutant et intégrant après multiplication par $d\sigma$, on obtient la relation

$$\begin{aligned}(1+\alpha)&\left[\iint V_1 \frac{dV_1}{dn} d\sigma + \iint V_2 \frac{dV_2}{dn} d\sigma\right] \\ &= (1-\alpha)\left[\iint V'_1 \frac{dV'_1}{dn} d\sigma + \iint V'_2 \frac{dV'_2}{dn} d\sigma\right].\end{aligned} \tag{6}$$

Comme $\frac{1+\alpha}{1-\alpha}$ n'est pas égal à -1, on déduit de (5) et de (6)

$$\left\{\begin{aligned}&\iint V_1 \frac{dV_1}{dn} d\sigma + \iint V_2 \frac{dV_2}{dn} d\sigma = 0, \\ &\iint V'_1 \frac{dV'_1}{dn} d\sigma + \iint V'_2 \frac{dV'_2}{dn} d\sigma = 0.\end{aligned}\right. \tag{E}$$

Mais pour une fonction U satisfaisant à $\Delta U = k^2 U$, la formule de Green donne de suite

$$\iiint\left[\left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)^2 + k^2 U^2\right] dx\,dy\,dz + \iint U \frac{dU}{dn} d\sigma = 0. \tag{7}$$

On en conclut que dans la première des équations (E) les deux termes sont négatifs, tandis qu'ils sont positifs dans la seconde. Les quatre intégrales figurant dans les équations (E) sont donc nulles séparément. Il en résulte, au moyen de l'équation (7), que les potentiels V_1 et V_2 sont iden-

tiquement nuls dans tout l'espace et par suite que la densité ρ est nulle, ce qui est contraire au fait que λ_0 est une valeur singulière. *Tous les λ singuliers sont donc réels.*

3. Montrons maintenant que, λ_0 étant une valeur singulière, on a

$$|\lambda_0| > 1,$$

l'égalité étant exclue.

A cet effet, revenons à l'équation (4), dont nous multiplierons les deux membres par V (ou son égal V'), et intégrons après multiplication par $d\sigma$; on a

$$\lambda_0 = \frac{\int\int V' \frac{dV'}{dn} d\sigma - \int\int V \frac{dV}{dn} d\sigma}{\int\int V' \frac{dV'}{dn} d\sigma + \int\int V \frac{dV}{dn} d\sigma}.$$

Or nous avons vu qu'on avait l'inégalité

$$\int\int V \frac{dV}{dn} d\sigma < 0,$$

tandis que

$$\int\int V' \frac{dV'}{dn} d\sigma > 0,$$

et il résulte aussi de la formule de Green, qu'*aucune de ces intégrales n'est nulle*. Donc *la valeur absolue de λ_0 est supérieure à l'unité*, et $\lambda = \pm 1$ n'est pas une valeur singulière.

3. Pour le problème concernant la distribution électrique, l'équation fonctionnelle intéressante est l'équation (2) pour $\lambda = 1$, c'est-à-dire l'équation

$$(8) \qquad \rho_s - \frac{1}{2\pi}\int\int f(r)\cos\psi . \rho_\sigma \, d\sigma = U_s.$$

La recherche de ρ se fait ici très facilement. Il suffit de développer, dans l'équation (2), ρ suivant les puissances de λ; les coefficients se calculent de proche en proche. On est assuré, d'après le théorème ci-dessus, que la série ainsi obtenue converge pour $\lambda = 1$, et la résolution de l'équation (8) est effectuée.

De ce qui précède, il résulte que le problème de la distribution de l'électricité est, au point de vue analytique, plus facile pour le potentiel $\frac{e^{-kr}}{r}$ $(k > 0)$ que pour le potentiel newtonien $\frac{1}{r}$. Il en est de même d'ail-

leurs de tous les problèmes aux limites concernant l'équation

$$\Delta V = k^2 V \qquad (k^2 \neq 0);$$

ils sont beaucoup plus simples que les problèmes analogues relatifs à l'équation de Laplace

$$\Delta V = 0,$$

comme j'en ai fait depuis longtemps la remarque.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente, de la part de *Mlle Duhem*, le tome V de l'ouvrage intitulé : *Le système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*, par Pierre Duhem.

M. W. **Kilian** fait hommage à l'Académie d'une *Notice sur ses travaux et ses publications scientifiques*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Vice-Président pour l'année 1918.

M. L. **Guignard** réunit l'unanimité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux membres des Commissions administratives pour l'année 1918.

MM. P. **Appell** et **Edmond Perrier** réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger en remplacement de M. *Hittorf*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 43,

M. Vito Volterra	obtient	38 suffrages
Sir Norman Lockyer	»	3 »
M. Edison	»	1 suffrage
M. Ed. Pickering	»	1 »

M. **Vito Volterra**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation d'un délégué à la *Commission de contrôle de la circulation monétaire*, en remplacement de M. *A. Haller*, membre sortant et rééligible.

M. **A. Haller** réunit l'unanimité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

Sir **Archibald Geikie**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Charles Marie** adresse le *Deuxième Rapport général* présenté au nom de la *Commission permanente du Comité international des Tables annuelles de constantes et données numériques*.

L'**Académie royale des Sciences de Turin** fait part à l'Académie du décès de son Président, M. le sénateur *Lorenzo Camerano*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Docteur Cabanès. *Légendes et curiosités de l'histoire*, quatrième série. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

Mme Vve **Tissot** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari.

MM. **Delorme**, **Giuseppe Favaro**, **Ch. Frémont**, **H. Gougerot**, **Amédée Guillet**, **Léon Imbert**, **R. Michel**, **H. Morestin**, **Savès**, **Stodel**, **G. Sugot** **E. Weill** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Julien Sensever** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son fils, **Georges Sensever**, décédé.

Mme Vve **Cusco** adresse également des remercîments à l'Académie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une question d'analyse indéterminée.* Note de M. **W. de Tannenberg**, présentée par M. Appell.

Je me propose la solution du problème suivant, qui intervient dans quelques questions relatives aux courbes gauches.

Il s'agit de déterminer trois polynomes entiers x, y, z de degré $2n$ par rapport à la variable indépendante θ et vérifiant l'équation

$$x^2+y^2+z^2=\mathrm{P}^2, \tag{I}$$

où P désigne un polynome *donné* de degré $2n$ en θ et ne s'annulant pour aucune valeur réelle de la variable θ. On peut évidemment supposer le coefficient de θ^{2n} égal à l'unité. Le polynome P mis sous la forme d'un produit de facteurs *réels* du second degré a alors la forme

$$\mathrm{P}=(a_1^2-t_1^2)(a_2^2-t_2^2)\ldots(a_n^2-t_n^2),$$

avec

$$t_k=i(\theta+b_k) \qquad (k=1, 2, \ldots, n),$$

a_k, b_k désignant des nombres *réels donnés*.

Ceci posé, formons deux suites de fonctions u_p, v_p, définies par

$$\begin{aligned} u_p&=(a_p u_{p-1}+t_p v_{p-1})e^{i\alpha_p}, & u_0&=e^{i\alpha_0} \\ v_p&=(a_p v_{p-1}+t_p u_{p-1})e^{-i\alpha_p}, & v_0&=e^{-i\alpha_0} \end{aligned} \qquad (p=1, 2, \ldots, n),$$

où α_0, α_1, ..., α_n désignent $(n+1)$ paramètres arbitraires. Considérons d'abord les fonctions (u_p, v_p) comme fonctions des n variables indépendantes $(t_1, t_2, \ldots, t_n)$ et désignons par u'_p, v'_p ce qu'elles deviennent quand on change $t_1, t_2, \ldots, t_n$ en $(-t_1, -t_2, \ldots, -t_n)$. On vérifie aisément que

$$u_p v'_p+v_p u'_p=(u_{p-1}v'_{p-1}+v_{p-1}u'_{p-1})(a_p^2-t_p^2),$$

et par suite

$$u_n v'_n+v_n u'_n=\mathrm{P}. \tag{II}$$

Soient x, y, z les fonctions de t_1, t_2, ..., t_n définies par les équations

$$\begin{cases} \mathrm{P}-z=2u_n v'_n, \\ \mathrm{P}+z=2v_n u'_n, \end{cases} \qquad \begin{cases} x+iy=2u_n u'_n, \\ x-iy=2v_n v'_n, \end{cases}$$

qui sont compatibles en vertu de l'équation (II). Il est évident que

$$x^2 + y^2 + z^2 = P^2.$$

Si maintenant on pose

$$t_p = i(\theta + b_p) \qquad (p = 1, 2, \ldots, n),$$

il est clair que x, y, z deviennent des fonctions entières *réelles* de θ et de degré $2n$. La méthode précédente donne donc une solution de l'équation (I) dépendant de $(n + 1)$ paramètres $\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_n$.

L'expression générale de u_n, v_n en fonction de $t_1 \ldots t_n$ peut être obtenue simplement par un procédé que j'ai indiqué [1].

ASTRONOMIE. — *Les météorites et l'excentricité terrestre.* Note de M. **J. Bosler**, présentée par M. H. Deslandres.

On sait que la masse de la Terre s'accroît chaque année, du fait des étoiles filantes, des bolides et des aérolithes, d'une quantité assez notable : on l'évalue à 2 millions de tonnes. Cette augmentation continue et *irréversible* tend évidemment à diminuer, si rien d'autre n'intervient, le grand axe de notre orbite; mais on peut aussi se demander quelle doit être son influence sur l'excentricité. Certes, si les météores étaient animés, comme les molécules d'un gaz, de vitesses distribuées au hasard, leurs effets seraient ceux d'un milieu résistant : une réduction lente de l'excentricité. Toutefois les étoiles filantes et les aérolithes possèdent en majorité, semble-t-il, des mouvements de même sens que celui de la Terre elle-même [2], de sorte que l'hypothèse faite plus haut n'est sans doute plus exacte, et la question mérite d'être étudiée de plus près.

Soient m_1 la masse de la Terre, a_1 et e_1 le demi-grand axe et l'excentricité de son orbite initiale; m_2, a_2, e_2 les quantités correspondantes relatives à un météore venant rencontrer la Terre et i son inclinaison orbitale.

Appliquons les principes des forces vives et des aires, en négligeant m_2^2 ainsi que e_1^3 et en posant $m_1 = a_1 = 1$, avec $p_2 = a_2(1 - e_2^2)$.

On trouve, toutes réductions faites, ω_1 étant l'anomalie vraie de la Terre

---

(1) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 625.

(2) Pour les aérolithes, voir le Mémoire de H.-A. Newton cité plus bas. Pour les étoiles filantes, M. H. Jeffreys (*Monthly Notices*, t. 77, décembre 1916, p. 96) a montré que leurs orbites devaient être en grande majorité *directes*, d'après les observations de Denning.

lors du choc :

$$-\frac{\Delta e_1^2}{m_2} = e_1\left[4\cos\omega_1(1-\sqrt{p_2}\cos i) - 2\sin\omega_1\sqrt{2-\frac{1}{a_2}-p_2}\right]$$
$$+ e_1^2\left[4 - 3\sqrt{p_2}\cos i - \sqrt{p_2}\cos i\cos 2\omega_1 - \frac{(1-p_2)}{\sqrt{2-\frac{1}{a_2}-p_2}}\sin 2\omega_1\right].$$

On remarque que Δe_1^2 contient e_1 en facteur. Si donc, à un instant donné, l'orbite d'une planète était devenue rigoureusement circulaire, les chutes météoriques ne sauraient faire naître une excentricité ayant cessé d'exister et de toute façon, plus e_1 est petit, plus ses variations sont faibles.

Mais ce sont les circonstances réalisées en fait dans la Nature qui méritent surtout d'attirer l'attention. L'époque de l'année, définie par ω_1, joue évidemment, dans chaque cas isolé, le principal rôle. Toutefois, il est vraisemblable que la fréquence des météores n'est pas dans son ensemble liée aux saisons et qu'au cours des longues suites de siècles nécessaires à l'établissement de l'état de choses actuel, les chutes ont dû se répartir à peu près uniformément sur toute l'orbite terrestre. Les étoiles filantes semblent démentir cette hypothèse, mais les essaims les plus abondants sont d'origine relativement récente et il faut songer qu'il tombe tous les ans des trillions de météores, vestiges d'essaims jadis plus compacts; quant aux aérolithes, il est bien peu probable que les irrégularités, du reste douteuses, indiquées par la statistique ([1]) aient une signification réelle, ni surtout permanente. Ainsi donc, une compensation doit s'établir avec le temps, dans Δe_1^2, entre les termes périodiques : le terme séculaire en e_1^2, de coefficient

$$C = 4 - 3\sqrt{p_2}\cos i,$$

est alors le plus intéressant; suivant qu'il est positif ou négatif, on peut prévoir pour e_1 une tendance à la diminution ou à l'augmentation.

On constate sans peine que C est positif pour les quatre essaims les plus connus et pour les principales comètes périodiques (de distance périhélie peu supérieure à 1); mais nous nous occuperons pour l'instant du cas des aérolithes. Nous avons, en ce qui les concerne, un document précieux :

([1]) FARRINGTON, *Météorites* (Chicago, 1915), p. 191.

la statistique de H.-A. Newton [1], portant sur tous ceux que l'on a vus tomber et dont on possède des échantillons, accompagnés des données nécessaires. H.-A. Newton a publié une figure représentant la sphère céleste (avec un rayon égal à 1) en projection stéréographique, la vitesse de la Terre passant par le point de vue : à chaque aérolithe correspond un point donnant la direction de sa vitesse héliocentrique déduite de l'observation. Il est facile de tirer de là, dans chaque cas, l'inclinaison orbitale. D'autre part, α étant l'angle de la vitesse et du rayon vecteur, on peut écrire grâce à la loi des aires :

$$C = 4 - 3\sqrt{2 - \frac{1}{a_2}} \sin\alpha \cos i.$$

Or le lieu des points tels que $\sin\alpha\cos i = \text{const.}$ est évidemment, sur la sphère, un cercle parallèle au plan de projection et projeté stéréographiquement suivant un autre cercle : on peut donc aisément compter les aérolithes pour lesquels C a une valeur donnée.

H.-A. Newton admettait qu'en première approximation, on peut regarder les orbites comme paraboliques; faisons aussi cette hypothèse, généralement considérée comme assez voisine de la vérité et traçons le cercle pour lequel $C = 0$. Si l'on compte les aérolithes situés à son intérieur, on en trouve 34 sur 116 en tout; les 82 autres, favorables à une diminution séculaire de C, sont donc en majorité bien nette.

Mais la proportion ci-dessus, 71 pour 100, ne suggère pourtant pas une idée exacte de la réalité. Il ne suffit pas de *compter* les aérolithes qui ont un effet positif ou négatif; il faut aussi avoir égard à la *grandeur* absolue des effets. Nous avons alors, dans ce but, partagé la sphère céleste en 18 zônes, limitées en projection par des cercles concentriques. Nous avons ensuite dénombré les météores intérieurs à chaque zône et multiplié les chiffres obtenus par la valeur moyenne de C. Enfin nous avons fait séparément les sommes des produits positifs et négatifs, sommes proportionnelles aux effets séculaires de tous les aérolithes de chaque catégorie ($C > 0$ et $C < 0$). On trouve ainsi 97,3 pour 100 pour les effets positifs et seulement

---

(1) *American Journal of Science*, 3e série, t. 36, 1888, p. 1. — C'est dans ce beau travail que H.-A. Newton montre que les aérolithes décrivent en majorité (109 sur 116) autour du Soleil des orbites directes et inclinées en général sur l'écliptique de moins de 35° — deux faits qui, soit dit en passant, soulignent d'une façon bien suggestive les rapports possibles de ces corps avec les comètes périodiques.

2,7 pour 100 pour les négatifs : il y a donc prédominance accentuée des chocs favorables à la diminution de l'excentricité.

Nous avons dit au début que, si l'on supposait les vitesses des météores rétrogrades ou même distribuées au hasard, ils agissaient comme un milieu résistant pour rendre l'orbite terrestre toujours plus voisine d'un cercle. Il résulte de ce qui précède qu'il en est encore ainsi dans le cas des aérolithes, bien que leurs mouvements soient pour la majorité directs, en admettant toutefois que la statistique de Newton représente fidèlement l'ensemble des faits et que d'autre part les chutes soient en moyenne uniformément réparties sur toutes les époques de l'année.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Équilibres monovariants dans le système ternaire, eau, sulfate de soude, sulfate d'ammoniaque.* Note de MM. **C. Matignon** et **F. Meyer**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans le but de résoudre d'une façon rationnelle le problème de la préparation du sulfate d'ammoniaque à partir du bisulfate de sodium, nous avons étudié les équilibres entre phases solides et phase liquide, dans le système ternaire, eau, sulfate de soude, sulfate d'ammoniaque, à la pression ordinaire.

Les résultats suivants concernent les systèmes monovariants à deux phases solides.

Les phases solides possibles, dans ce système, sont la glace, le sulfate sodique anhydre, le sulfate sodique hydraté à $10H^2O$, le sulfate d'ammoniaque et un sulfate double dont l'existence a été signalée depuis longtemps, $SO^4NaAzH^4.2H^2O$, soit donc cinq phases solides distinctes.

Dans l'étude des courbes de solubilité en présence de deux sels, comme par exemple SO^4Na^2 et SO^4Am^2, nous avons pris comme matières premières salines, pour faire la solution, soit un mélange de ces deux sels, tantôt avec un excès de l'un, tantôt avec un excès de l'autre, soit le sel double seul, soit le sel double et le sel ammoniacal, soit le sel double et le sel sodique, etc. On se rend compte, en effet, que si l'équilibre étudié appartient bien au système monovariant à phases solides, SO^4Na^2, SO^4Am^2, tous les corps étrangers à l'équilibre, sel double, sel de soude hydraté, doivent disparaître pour se transformer, à l'état solide, dans les deux seules phases stables.

La composition du système initial utilisé pour réaliser l'équilibre sera indiquée dans chaque étude de courbe.

I. *Équilibre monovariant. Phases solides :* SO^4Na^2, SO^4Am^2. — Les résultats expérimentaux concernant ces systèmes sont réunis dans le Tableau suivant qui donne, en fonction de la température, la composition de la phase liquide, définie par la concentration du sel ammoniacal et celle du sel anhydre, évaluées toutes deux en centièmes de molécules contenues dans 100g de la solution.

Mélange salin initial.	T.	Centi-mol. dans 100g solution	
		SO^4Am^2.	SO^4Na^2.
Sel double + $2SO^4Na^2$	62°,5	27,49	11,77
» + $2SO^4Am^2$	62,5	27,58	11,50
$SO^4Na^2 + SO^4Am^2$ excès	79	29,16	11,15
Sel double + $2SO^4Na^2$	79	28,90	—
» + $3SO^4Am^2$	79	28,91	11,56
$SO^4Na^2 + SO^4Am^2$ excès	80,5	29,33	11,57
Sel double + $3SO^4Am^2$	96	30,04	11,52
Sel double	98	30,65	12,23
$SO^4Na^2 + SO^4Am^2$ excès	99	31,18	11,72
»	100	30,62	11,27
»	108	31,49	11,40
»	109	31,63	11,35

II. *Équilibre monovariant. Phases solides :* SO^4Am^2, *sel double.* — Les concentrations sont toujours définies par le nombre de centièmes de molécules des mêmes sels SO^4Na^2, SO^4Am^2 contenues dans 100g de solution.

Mélange salin initial.	T.	Centi-mol. dans 100g solution	
		SO^4Am^2.	SO^4Na^2.
Sel double + SO^4Am^2	−19°	28,05	2,10
»	−19	28,05	2,25
»	− 1	28,57	3,34
»	+17	28,01	4,55
»	+19	28,23	—
»	19,5	28,92	—
»	21	28,75	4,89
»	22	28,46	—
»	30	28,58	—
»	33	28,58	6,38
»	33,5	28,24	6,63
$SO^4Na^2 + SO^4Am^2$ excès	35	28,78	6,58
Sel double + SO^4Am^2	38,5	28,90	7,09
»	44	28,54	7,87
»	44	28,83	8,08
$SO^4Na^2 + SO^4Am^2$ excès	44,5	28,20	7,92
»	44,5	28,20	8,06
Sel double + SO^4Am^2	52	27,85	9,42
»	58	27,70	10,87

III. *Équilibre monovariant. Phases solides : sel double,* SO^4Na^2 :

Mélange salin initial.	T.	Centi-mol. dans 100g solution. SO^4Am^2.	SO^4Na^2.
Sel double + SO^4Na^2	29°	10,55	18,46
»	33,5	12,32	17,75
»	38,5	14,54	16,67
»	46	18,13	15,08
SO^4Am^2 + SO^4Na^2 excès........	50	21,08	13,73
Sel double + SO^4Na^2	58	25,31	12,34

IV. *Équilibre monovariant. Phases solides : sel double,* $SO^4Na^2.10H^2O$:

Mélange salin initial.	T.	Centi-mol. dans 100g solution. SO^4Am^2.	SO^4Na^2.
Sel double + $SO^4Na^2.10H^2O$....	−13°	—	2,98
»	+1	22,02	5,21
SO^4Am^2 + $SO^4Na^2.10H^2O$ excès.	+10	18,47	8,22
» ...	11	17,70	9,05
» ...	14	16,36	10,46
Sel double + $SO^4Na^2.10H^2O$....	14	16,26	10,80
»	19	14,36	13,05
»	25,5	10,06	18,82

V. *Équilibres monovariants correspondant aux points d'ébullition.* — Les solutions saturées de sulfate de soude seul, de sulfate d'ammoniaque seul et du mélange des deux sulfates, bouillent respectivement, sous la pression atmosphérique, aux températures de 108°,9, 102° et 111°; à ces trois points, que nous désignerons par C, M, B, correspondent les concentrations suivantes :

	Phases solides.	T.	Centi-mol. dans 100g solution. SO^4Am^2.	SO^4Na^2.
Point C.....	SO^4Am^2	108°,9	39,22	0,0
» M.....	SO^4Na^2	102	0,0	21,0
» B.....	SO^4Na^2, SO^4Am^2	111	31,75	11,25

Les courbes BC, BM, qui rejoignent les points B et C, et les points B et M, représentent les points d'ébullition des solutions saturées de sulfate d'ammoniaque avec des quantités variables de sulfate de soude et ceux des solutions saturées de sulfate de soude en présence de quantités variables de sulfate ammoniacal. Ces équilibres sont monovariants.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Nouvel appareil de fractionnement pour les pétroles et autres produits volatils.* Note (¹) de M. E. **Hildt**, présentée par M. A. Gautier.

Lorsqu'il s'agit de séparer des pétroles bruts ou des huiles lampantes, on a recours à des appareils de distillation simple fonctionnant dans des conditions de vitesse et de dimensions déterminées. Les résultats ne sont pas toujours comparables. Pour les essences légères, on opère généralement par fractionnements dans des appareils dérivant plus ou moins de la colonne Le Bel-Henninger, en protégeant ces colonnes contre les remous extérieurs. Il n'est pas toujours possible d'obtenir un fractionnement complet avec une seule colonne.

Le présent appareil évite les inconvénients des variations atmosphériques, les difficultés du réglage et les corrections thermométriques.

Le principe n'en est pas nouveau; il est basé sur la séparation des liquides vaporisables suivant leur température d'ébullition; et si ses éléments en verre ont la forme des appareils à pointe de Vigreux, dans l'industrie rien n'empêcherait d'employer des éléments métalliques avec des plateaux quelconques.

Le support de l'appareil est à six brûleurs servant à chauffer six matras en série, donc six éléments semblables donnant sept fractions qui, dans le cas des essences légères par exemple, correspondent à des écarts de température de 20° en 20°, soit :

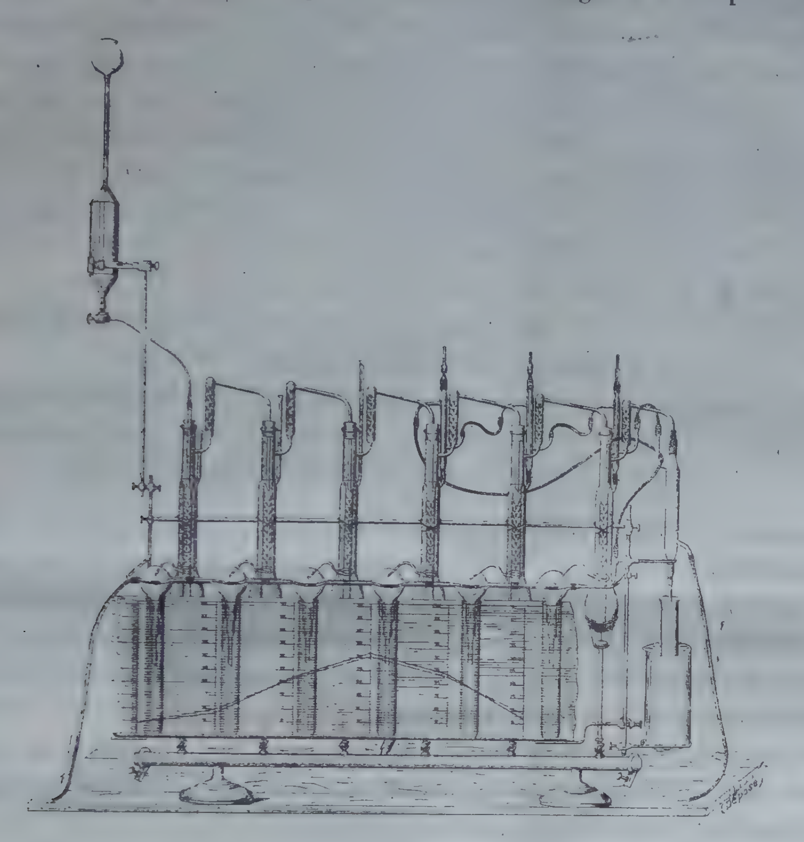
$>150°$, 130°-150°, 110°-130°, 90°-110°, 70°-90°, 50°-70°, $<50°$.

Les six éléments ne différant que par quelques détails secondaires, il suffira de décrire complètement l'un d'eux.

Il se compose essentiellement d'un tube à pointes internes, à cinq plateaux, soudé dans le col d'un ballon où l'on a introduit d'avance une fraction de pétrole bouillant entre deux températures bien déterminées. Ce ballon est chauffé directement; les vapeurs produites se condensent dans un tube à reflux soudé latéralement à la partie supérieure du ballon et refroidi par un manchon à circulation d'eau. Le tube de Vigreux central se trouve ainsi chauffé dans ses différents plateaux à des températures régulièrement décroissantes, la température la plus basse du plateau supérieur étant bien

(¹) Séance du 26 novembre 1917.

connue et pouvant être vérifiée facilement de temps en temps au thermomètre. Les produits condensés dans chaque tube analyseur ainsi chauffé extérieurement à température constante peuvent être évacués à la fin de chaque opération et même pendant la marche, grâce à un petit siphon



qui, partant du fond de chaque tube analyseur et traversant le ballon, aboutit dans un petit entonnoir sphérique à double paroi avec circulation d'eau, placé simplement sur une éprouvette graduée. Ces six siphons sont munis vers la base d'un petit renflement latéral destiné à loger un léger index de mercure placé dans la courbe inférieure du siphon.

L'essence à examiner est placée en charge dans un petit réservoir dont le tube de vidange en cuivre très fin, muni d'un robinet à pointeau, vient s'engager par un joint en caoutchouc dans un tube de verre fixé dans le col du premier analyseur, à la hauteur du premier plateau. Le réglage de l'admission se fait aisément, grâce à ce pointeau, de manière à pouvoir toujours compter les gouttes qui tombent. Ce premier analyseur, qui est

chauffé par les vapeurs d'une fraction bouillant entre 150°-160°, est donc alimenté directement en liquide; servant en même temps de vaporisateur son chauffage devra être réglé.

Chaque goutte d'essence qui arrive dans ce premier analyseur est donc instantanément soumise au fractionnement. Elle abandonne dans le premier analyseur tous les produits condensables vers 150°; les vapeurs des fractions plus légères continuant leur course viennent s'analyser à leur tour dans le deuxième élément chauffé par une fraction bouillant entre 130° et 140° et n'y laissent que les produits condensables entre 130° et 150°, et ainsi de suite jusqu'au sixième analyseur qui, chauffé par les vapeurs d'une fraction bouillant à 50°-60°, ne laisse sortir que les éthers condensables au-dessous de 50°, mais retient les produits condensables entre 50° et 70°. Les éthers plus volatils, condensés dans un petit réfrigérant qui prolonge le tube abducteur du sixième élément, sont recueillis à part.

Pour compléter le travail de chaque analyseur et éviter les entraînements mécaniques, chaque tube abducteur est muni d'un petit déflegmateur Vigreux. Un courant d'eau refroidit l'ensemble des condenseurs.

Résultats. — Par l'opération ainsi conduite, on obtient en volumes, dans un temps très court, un diagramme du fractionnement de l'essence pour des écarts de 20° en 20° de température, volumes lus directement sur la graduation des éprouvettes ou représentés graphiquement par les hauteurs des liquides dans des tubes de même calibre, posés devant une feuille préalablement graduée horizontalement.

Cet appareil a permis de faire, parallèlement avec la méthode officielle donnée par l'Aéronautique militaire, des courbes moyennes pour 1914-1915-1916 des essences destinées à l'aviation.

Avantages. — 1° Le réglage direct de la vitesse de distillation est assuré par le robinet pointeau.

2° Il n'est guère possible, dans un ballon distillatoire ordinaire, de pousser la distillation d'une essence ou d'un produit volatil jusqu'au bout. Il reste un résidu qui a été soumis à une surchauffe prolongée et nuisible. Par notre appareil, le fractionnement complet de chaque goutte dès son admission est bien préférable.

3° Chaque analyseur est à l'abri des remous d'air, grâce à la gaine de vapeurs qui l'entoure et, comme les bains extérieurs sont de même nature que les fractions obtenues, les variations de la pression atmosphérique sont sans influence sensible sur le fractionnement.

4° Enfin la présence de traces d'humidité est facilement décelable, même sur 100^{cm^3}, dans l'analyseur 90°-110°.

Cette méthode de fractionnement est applicable à bien d'autres composés volatils, à condition de choisir, en chaque cas, des bains à écarts de température convenables.

Pour certains mélanges, il peut être avantageux de serrer de plus près certaines fractions et par suite de rapprocher de beaucoup certaines parties de l'échelle; tel est le cas par exemple des benzols, des alcools, des térébènes et de beaucoup de corps analogues, auquel cas les températures d'ébullition des bains choisis seront les températures mêmes des corps à séparer.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode nouvelle de séparation et de dosage des acides lactique, succinique et malique contenus dans les vins.* Note [1] de M. J. Laborde.

Malgré les recherches sérieuses qui ont été faites sur la séparation et le dosage des acides lactique, succinique et malique contenus dans les vins, notamment par M. Mestrezat [2], les méthodes préconisées laissent encore beaucoup à désirer. Celle que je vais indiquer m'a donné des résultats très satisfaisants en l'appliquant à des vins pauvres en sucre, la proportion ne dépassant pas 5^g par litre, et même à des vins très sucrés.

1° *Vins non sucrés.* — Pour les vins rouges, on doit éliminer tout d'abord les matières tannoïdes comme suit : On prend 50^{cm^3} de vin, on sature l'acidité avec le volume V de potasse normale équivalent à l'acidité totale, puis on ajoute une solution d'acétate mercurique à 5 pour 100 dont le volume est déterminé d'avance et tel qu'il suffise, à peine, à la précipitation des tannins, de façon qu'il n'y ait pas excès de mercure. On chauffe le mélange à la température de 50° environ, on filtre et on lave deux fois le précipité avec de l'eau chaude.

Avec les vins blancs, cette opération n'est utile que si la proportion de tannin est voisine de 1^g par litre, mais dans tous les cas, on doit saturer l'acidité du vin par la potasse normale.

Dans les liquides ainsi obtenus, on ajoute un volume S de SO^4H^2 normal tel que $S = V \pm n$. Le volume n dépend de la différence entre l'alcalinité totale des

---

(1) Séance du 26 novembre 1917.

(2) *Dosages de l'acide malique et de quelques acides fixes dans les jus fermentés ou non* (*Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 185); *Dosage de l'acide lactique dans les vins et les milieux de culture* (*Bulletin de la Société chimique*, mars 1909).

cendres A exprimée en crème de tartre, et l'alcalinité T de la crème de tartre correspondant à l'acide tartrique total du vin. Si $T > A$, $n = -(T - A)$ et si $A > T$, $n = +(A - T)$.

La solution est ensuite concentrée par ébullition dans un verre de Bohême, puis évaporée au bain-marie dans une capsule jusqu'à consistance sirupeuse. On ajoute alors 5^{cm^3} d'eau et l'on continue l'évaporation pour chasser complètement les acides volatils. L'extrait sec est ramené à l'état sirupeux par quelques gouttes d'eau, puis on y incorpore 2^{dg} environ de noir animal pur, et, à la pâte noire, on ajoute du sable pur et sec pour la diviser et faciliter son extraction de la capsule. On fait tomber le mélange dans un vase d'Erlenmayer à angle arrondi; on rince la capsule avec un peu de sable et enfin avec 25^{cm^3} d'alcool à 95° qui serviront à l'extraction des acides libres. Pour faciliter cette extraction, on introduit dans le vase 50^g de grains de plomb n° 4 auxquels on imprime un mouvement circulaire de manière à bien diviser les agglomérations sablonneuses; puis on ajoute 50^{cm^3} d'éther ordinaire et l'on agite pendant quelques minutes pour bien mettre en contact le liquide éthéro-alcoolique avec le dépôt. On laisse un peu reposer, on décante sur un filtre plat et l'on achève l'épuisement du dépôt par trois lavages successifs avec 15^{cm^3} d'un mélange alcool-éther à volumes égaux. Le liquide filtré contient les acides lactique, succinique et malique, tandis que l'acide tartrique, à l'état de crème de tartre, est resté dans le dépôt. On distille le dissolvant jusqu'à n'avoir plus que quelques centimètres cubes d'alcool un peu coloré en jaune brun; on décolore par $0^g,2$ de noir et 10^{cm^3} d'eau, on filtre et on lave à l'eau un peu chaude.

La solution aqueuse des acides est concentrée par ébullition puis saturée, en présence de phénolphtaléine, de façon que la coloration rose fournie par un excès de $0^{cm^3},5$ de liquide alcalin persiste pendant 15 secondes environ dans le liquide bouillant. On concentre la dissolution des sels calcaires jusqu'à 8^{cm^3} à 9^{cm^3}, on ajoute une goutte d'acide acétique à 50 pour 100 et l'on procède à la séparation du lactate de chaux en versant rapidement 90^{cm^3} d'alcool à 95° un peu chaud. Dans ce liquide alcoolique à 85° environ, le lactate de chaux reste en solution, tandis que le malate et le succinate se précipitent complètement. On chauffe à l'ébullition pour achever la coagulation du précipité, on laisse un peu refroidir et l'on filtre, en lavant avec de l'alcool à 85° chaud. Le dosage de la chaux dans le liquide filtré donne la quantité correspondante d'acide lactique.

Le précipité resté sur le filtre est redissous dans l'eau bouillante (sauf un léger résidu contenant surtout du phosphate de chaux) et cette nouvelle solution est concentrée à 8^{cm^3} environ; on y ajoute 1^{cm^3} d'acide acétique glacial, puis 90^{cm^3} d'alcool à 95° qui précipitent le malate de chaux seul, ou bien le malate et le citrate si le vin contient de l'acide citrique. Comme précédemment, on chauffe à l'ébullition, on filtre et on lave à l'alcool à 85° légèrement acétique. En dosant la chaux dans ce liquide filtré, on a l'acide succinique correspondant, et en faisant la même opération pour le précipité resté sur le filtre et qu'on a redissous dans l'eau chaude, on détermine l'acide malique.

On peut contrôler ce dernier dosage en titrant préalablement l'acide malique par le permanganate dans la solution aqueuse privée d'alcool, concentrée, acidifiée par de l'acide sulfurique et portée à l'ébullition. En général les deux résultats sont assez

concordants, mais c'est le dosage par la chaux qui est le plus fidèle. La différence est très nette quand il y a de l'acide citrique avec l'acide malique et le permanganate donne le chiffre le plus faible. Dans ce cas, on détermine la quantité d'acide citrique par la méthode diaphanométrique de M. Denigès et l'on calcule par différence la quantité d'acide malique.

Remarques. — La séparation des lactate, succinate et malate de chaux par l'alcool à 85°, acidifié plus ou moins par l'acide acétique, exige qu'il y ait un certain rapport entre le volume d'alcool employé et les quantités des sels calcaires qu'on veut séparer. Ainsi, pour $0^g,150$ de lactate de chaux en présence d'une quantité analogue du mélange malate et succinate, le volume de 100^{cm^3} suffit parfaitement pour que le précipité ne retienne pas de lactate. Ordinairement, lorsque l'acide lactique augmente dans les vins, l'acide malique diminue, et alors les conditions de la séparation restent les mêmes. Mais si la dose d'acide malique est plus élevée pour la même dose d'acide lactique, il faut augmenter le volume du liquide alcoolique de séparation dans la proportion de 50^{cm^3} par gramme d'acide malique excédant 2^g par litre de vin; la dose approximative d'acide malique étant déterminée par un premier essai fait dans les conditions précédentes.

La même remarque s'applique à la séparation du malate d'avec le succinate de chaux parce que l'acide malique varie beaucoup plus que l'acide succinique.

3° *Vins sucrés.* — Dans ce cas, l'extraction des acides solubles dans l'alcool-éther comporte le traitement préliminaire suivant : Après avoir séparé les tannins et acidifié par SO^4H^2 normal, on évapore, à constance sirupeuse, le liquide contenu dans un matras, puis on y ajoute des grains de plomb et 10^{cm^3} à 20^{cm^3} d'alcool suivant la quantité de sucre, et enfin 50^{cm^3} d'éther par petites fractions en agitant vivement le plomb. Il se forme une émulsion blanche qui se résout en un liquide sirupeux. Après quelques instants de repos, on décante sur un filtre le liquide éthéro-alcoolique surnageant et l'on recommence deux ou trois fois le même épuisement par l'alcool et l'éther; puis on distille ce dissolvant dont le résidu alcoolique, contenant les acides solubles, est alors évaporé à sec dans une capsule. L'extrait est traité ensuite comme s'il s'agissait d'un vin pauvre en sucre.

Dans les vins normaux, la proportion d'acide succinique oscille très peu autour de $0^g,70$ par litre, tandis que les quantités d'acide lactique et d'acide malique varient considérablement, suivant l'origine et l'état de conservation des vins.

GÉOLOGIE. — *Sur la non-existence du Crétacé dans l'île de Hierro (Canaries).* Note [1] de M. **Fernandez L. Navarro.**

Le savant botaniste J. Pittard a rapporté, il y a quelques années, de l'île de Hierro un Oursin cénomanien que MM. Cottreau et P. Lemoine ont montré [2] être *Discoidea pulvinata* Desor, var. *major*. Peu après la publication de cette Note, j'ai fait remarquer [3] combien était singulière cette découverte dans une région où des géologues tels que Walter, Knebel et J. Gonzales n'avaient rencontré que des matériaux éruptifs; je l'avais moi-même parcourue sans y avoir rencontré aucun sédiment, sauf quelques croûtes d'un travertin récent non fossilifère que les gens du pays appellent « caliche » et qui ne peuvent même pas être utilisées pour la fabrication de la chaux tant elles sont peu importantes. Des informations que je reçus plus tard de l'île, puis une rapide visite que j'y fis en 1911 confirmèrent mon point de vue; j'ai attendu cependant pour le faire connaître avec plus de détail que j'aie pu procéder sur place à une nouvelle étude tout à fait complète.

Je suis retourné à Hierro en juillet dernier et j'ai minutieusement parcouru pas à pas tout le Barranco de la Caleta, indiqué comme localité du fossile; j'ai en outre sillonné de courses toute l'île, interrogé les habitants sur l'existence de matériaux sédimentaires qui n'auraient pu leur échapper, à cause de la valeur que possède la chaux dans ce pays qui en est privé.

Je puis aujourd'hui affirmer de la façon la plus formelle qu'il n'existe pas de Crétacé dans l'île de Hierro. Deux hypothèses peuvent être émises pour expliquer cette méprise. Le fossile en question proviendrait-il des calcaires qu'on apporte de Fuerteventura pour la fabrication de la chaux dans deux fours qui se trouvent précisément, l'un dans le Barranco de la Caleta, et l'autre dans le Barranco de Montaña Blanca, qui en est très voisin; cela n'est pas vraisemblable, car le Crétacé n'est pas connu à l'île de Fuerteventura. Une seconde hypothèse est plus vraisemblable, c'est que cet oursin faisait partie du lest d'un bateau : en effet « La Estaca »,

---

(1) Séance du 26 novembre 1917.

(2) J. Cottreau et Paul Lemoine, *Sur la présence du Crétacé aux îles Canaries* (*Bull. Soc. géol. de Fr.*, 4e série, t. 10, 1910, p. 267).

(3) *Bol. de la R. Soc. española de Historia natural*, t. 11, 1911, p. 131 et 275.

voisine du Barranco de la Caleta, est l'unique port de l'île, c'est là où les bateaux jettent leur lest et l'on peut y rencontrer le mélange le plus extraordinaire de roches étrangères à l'île. MM. Cottreau et Lemoine ont fait d'ailleurs remarquer que quelques-uns des caractères de leur échantillon avaient été effacés par usure, ce qui indique qu'il a été roulé.

J'ai cru devoir relever ce fait, minime en apparence, à cause des conséquences d'une importance considérable qui en ont été tirées à divers points de vue et notamment pour la discussion de la question de l'Atlantide.

ZOOLOGIE. — *Sur le cycle évolutif de* Myxidium gadi *Georgévitch*. Note de M. F. Georgévitch, présentée par M. Delage.

Nous avons trouvé dans la vésicule biliaire de *Gadus pollachia* de la baie de Roscoff et de Pempoull cette nouvelle espèce de Myxosporidies, sur laquelle nous avons pu étudier en détail le cycle évolutif et le phénomène de sexualité.

De la spore mûre se libère un sporoplasme à deux noyaux dont la caryogamie ne s'achève qu'à la sortie du sporoplasme de la spore. Le pansporoblaste (zygote) issu de l'union totale des deux gamètes, union tant plasmogamique que caryogamique, se présente sous une forme arrondie ou sphérique, avec un noyau vésiculeux à membrane distincte et au milieu duquel se trouve un gros caryosome. Ce zygote entre en schizogonie, lorsque son caryosome laisse sortir un grain sidérophile de plus petites dimensions que le reste du caryosome. Vu la petitesse du pansporoblaste (3^{μ}) je n'ai pas pu élucider la question de savoir si le grain bourgeonne ou s'il est simplement inclus dans le caryosome. En sortant du noyau ce grain, qui est le centriole, se divise et ses deux moitiés s'écartent vers les deux pôles du zygote liées entre elles par une centrodesmose. Le reste du caryosome se partage en quatre chromosomes qui vont occuper la plaque équatoriale de la figure karyokinétique. La division du zygote est égale, homopole et se présente comme telle pendant tout l'acte de la schizogonie. On obtient ainsi deux schizontes, puis des groupes à trois, quatre, etc. schizontes, leur nombre pouvant devenir assez élevé et chacun se séparant du groupe pour refaire le même cycle. L'auto-infection se poursuit ainsi d'une manière intense.

Après plusieurs générations de schizogonies, ces schizontes entrent en

sporogonie; celle-ci se présente ici sous trois aspects différents. Ou bien elle est monosporée ou disporée, la première division de son noyau est alors inégale à l'opposé des divisions suivantes; ou bien elle est polysporée, alors toutes les divisions des noyaux sont égales. Dans le premier cas, le schizonte tout entier passe dans la spore ou dans deux spores; dans le second cas, une partie du schizonte, devenu ici une plasmodie plus ou moins grande, se condense autour des noyaux, les transforme en bourgeon interne, en agamont, qui produit à son tour la spore suivant le même processus que la monosporée, à l'exception du fait qu'il manque ici une division inégale et par conséquent qu'on n'y rencontre pas de noyaux végétatifs, les autres noyaux de la plasmodie jouant ce rôle.

Prenons comme exemple la monosporée. Dans les schizontes de petites dimensions, le noyau se divise inégalement donnant un noyau, germinatif, plus grand et un noyau, végétatif, plus petit, très sidérophile et sans structure apparente. Ces deux noyaux entrent en division (cette fois en division égale) et l'on obtient un stade à quatre noyaux dont deux plus grands et deux, végétatifs, plus petits; ces derniers ne se divisant plus. Les deux grands noyaux au contraire se divisent encore et l'on observe un stade à quatre grands noyaux et à deux petits. Puis deux des quatre noyaux se divisent et il apparaît alors un stade à six grands noyaux et à deux petits, végétatifs. Dans la suite, deux de ces noyaux émettent chacun un grain chromatique de dimensions presque égales à leurs caryosomes.

On peut établir exactement et l'ordre de leur apparition et leur rôle futur dans la formation des spores. Les deux premiers noyaux qui s'entourent d'une partie du protoplasme donneront les deux cellules valvaires, sur lesquelles se fixent toujours les deux noyaux végétatifs; le rôle de ces derniers est terminé et ils n'entraînent aucune partie du protoplasme de la plasmodie. Les quatre autres noyaux sont dans l'intérieur des deux valves. Deux de ces noyaux, aux extrémités de la future spore ellipsoïdale, s'entourent de protoplasme et formeront les cellules capsulogènes. Les deux autres plus petits, après l'émission des globules chromatiques, donneront les deux cellules des gamètes. On voit par là que les grains chromatiques représentent des éléments d'épuration chromatique, de réduction chromatique, comme on peut s'en convaincre par une étude cytologique détaillée. En effet, nous avons trouvé quelquefois les noyaux des gamètes avec deux chromosomes non réunis en caryosome unique; or tous les autres noyaux, soit qu'ils appartiennent à la schizogonie, soit qu'ils appartiennent à la

sporogonie, présentent quatre chromosomes. On voit d'ailleurs que la plasmogamie des gamètes qui succède immédiatement à la réduction chromatique, s'opère dans la spore jeune au sein de la vésicule biliaire de l'hôte où elle a pris naissance. La caryogamie consécutive au contraire s'opère longtemps après cette plasmogamie. Le changement d'hôte est nécessaire à sa réalisation.

On voit encore que dans le cas de monosporée il se forme huit noyaux, six noyaux sporaux et deux plasmodiaux (végétatifs). De plus, nous constatons la présence de deux noyaux de réduction, sous forme de grains chromatiques.

Dans le cas de disporée il y a douze noyaux sporaux, deux noyaux végétatifs et quatre grains chromatiques. Dans le cas de polysporée, tous les noyaux n'entrent pas en sporulation d'une manière synchrone, de sorte que les noyaux qui ne deviennent pas des agamontes jouent le rôle de noyaux plasmodiaux (végétatifs) pour les plasmodies qui peuvent atteindre ici des dimensions énormes. Ceci explique le fait que de telles spores ne présentent ordinairement pas de noyaux végétatifs. Dans ce cas de polysporée on observe souvent des phénomènes de plasmotomies.

Nous avons constaté qu'à aucun moment de leur existence ces parasites ne sont intracellulaires comme on a cru le confirmer tout récemment.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur l'aptitude à la parthénogenèse naturelle, considérée chez diverses races ou variétés de Bombyx du Mûrier.* Note de M. A. **Lécaillon**, présentée par M. Henneguy.

Les Bombyx univoltins chez qui j'ai décrit précédemment [1] des phénomènes de parthénogenèse naturelle appartenaient à deux variétés qui produisent l'une des cocons blancs et l'autre des cocons jaunes. *A priori* il semble peu probable qu'il puisse y avoir, sous le rapport de cette parthénogenèse, des différences considérables entre les diverses races ou variétés de Vers à soie. Et en effet, Filippi, en 1850, dit avoir obtenu, dans une race trivoltine, des Vers d'origine parthénogénésique. Barthélemy, en 1859, et Siebold, en 1874, observèrent le même fait dans une race bivoltine. Enfin,

[1] *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 234; t. 165, 1917, p. 192 et 289.

il en fut de même pour Jourdan, en 1861, chez une race polyvoltine de Chine. Cependant en présence du doute jeté sur la valeur de ces observations, par des travaux plus récents, et aussi en considération de l'importance que les recherches de parthénogenèse expérimentale ont prise depuis quelques années, et de la nécessité d'en interpréter les résultats en tenant compte des propriétés fondamentales de l'élément reproducteur femelle, j'ai pensé qu'il était indispensable de comparer un certain nombre d'œufs non fécondés, provenant de diverses races ou variétés de Bombyx, à ceux qui, jusqu'ici, m'avaient servi de sujet d'étude.

a. J'ai d'abord examiné trois pontes, de 400 œufs chacune environ, fournies par des Bombyx univoltins produisant des cocons jaune paille, qui me furent remis par M. Duchein, directeur de l'école d'Agriculture d'Ondes, et dont la race a été créée ou améliorée à la station séricicole de Montpellier.

Dans la première ponte, 12 pour 100 des œufs à peu près éprouvèrent des changements de coloration semblables à ceux que j'ai observés et décrits précédemment. Actuellement (le début de ces observations date de la deuxième quinzaine de juillet 1917, c'est-à-dire de 4 mois environ); ils sont tous dégénérés ou en voie de dégénérescence.

Dans la deuxième ponte, un seul œuf prit une couleur rose, puis dégénéra rapidement. Dans la troisième, aucun changement de teinte ne se produisit.

b. Dans dix pontes non fécondées, provenant de Bivoltins accidentels nés dans mes élevages, les divers pourcentages des œufs qui subirent des changements de coloration furent respectivement représentés par les chiffres 66, 27, 25, 24, 18, 16 (pour deux cas), 14 (pour deux cas) et 7.

Les pontes dont il s'agit ici, datant seulement de la deuxième quinzaine d'août 1917, et ayant été depuis lors conservées à une température relativement basse, ne comptent encore aujourd'hui (25 novembre) que peu d'œufs en dégénérescence. Il est donc possible qu'elles produisent, au printemps prochain, quelques chenilles plus ou moins aptes à vivre.

c. Dans une race polyvoltine de Chine, dont 25 cocons furent obligeamment mis à ma disposition par M. Lambert, directeur de la station séricicole de Montpellier [1], j'ai observé cinq pontes non fécondées contenant

---

[1] Suivant des renseignements fournis par M. Lambert, cette race, élevée à Montpellier depuis 30 ans, est devenue bivoltine et tend même, par quelques-uns de ses

ensemble environ 1500 œufs. Les chiffres indiquant les divers pourcentages d'œufs qui changèrent de couleur varièrent de 2,16 à 6. Pour les mêmes raisons qui viennent d'être données au sujet des pontes de Bivoltins accidentels, les pontes en question sont très peu dégénérées à la date actuelle.

d. On retrouve donc, dans les divers cas nouveaux que j'ai examinés, les mêmes faits essentiels que j'avais constatés antérieurement. Et il n'y a pas lieu de suspecter les résultats concordants annoncés depuis longtemps par les auteurs cités plus haut. Chez tous les Bombyx, l'aptitude à la parthénogenèse est réelle; il y a seulement de nombreuses variations portant sur le degré de développement que cette aptitude présente. Les transformations parthénogénésiques qui se produisent dans l'œuf peuvent s'arrêter à un stade qui semble pouvoir être extrêmement précoce, ou aller jusqu'à la production d'une larve capable de vivre et d'évoluer tout aussi bien que celles qui proviennent d'œufs fécondés.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le rôle des nageoires daus les Poissons téléostéens à vessie natatoire*. Note (¹) de M. L. **Boutan**, présentée par M. Yves Delage.

Cette Note est destinée à montrer, contrairement aux idées actuellement admises, que si les mouvements des nageoires, chez les Poissons téléostéens à vessie natatoire, sont utiles, ils ne sont pas *indispensables* pour maintenir le décubitus abdominal, même chez les Poissons où le centre de gravité se trouve au-dessus du centre de poussée.

Prenons d'abord comme exemple le Muge (*Mugil capito*). Ce Poisson a la forme d'un fuseau allongé. Son centre de gravité est reporté très haut du côté de la face dorsale et très en avant du côté de la tête [2].

---

produits, à devenir univoltine. Il est intéressant de rapprocher ce cas de ceux signalés par M. Fauchère (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 676). L'explication que j'ai donnée de la formation des Bivoltins accidentels semble bien aussi permettre de comprendre les cas observés par MM. Lambert et Fauchère.

[1] Séance du 26 novembre 1917.

[2] Je préciserai cette indication dans un Mémoire plus étendu. C'est le Poisson dans lequel j'ai trouvé, jusqu'à présent, le centre de gravité reporté le plus haut, en l'étudiant comparativement avec les autres types, en flottabilité négative, à 10^{cm} au-dessous de son plan d'équilibre.

Je résumerai ainsi mes expérieuces sur un lot de ces Poissons :

1° *Section des membres pairs* (bras et jambes). — L'animal reste en équilibre dans le décubitus abdominal et les nageoires qui subsistent lui permettent de se déplacer facilement dans le plan horizontal.

2° *Section des nageoires impaires.* — Même résultat.

3° *Section des membres pairs et des nageoires impaires, sauf la caudale.* — Même résultat.

4° *Section de toutes les nageoires paires et impaires.* — Ici l'observation doit se décomposer en trois temps :

1° Aussitôt après l'opération, l'animal reste en équilibre dans le décubitus abdominal.
2° Quelques minutes après, l'animal tend à se retourner et, s'il est en flottabilité positive, il gagne la surface, le ventre en l'air.
3° Au bout de quelques jours, s'il se rétablit de ses blessures, il nage en bon équilibre dans le décubitus abdominal à l'aide des mouvements répétés de la portion postérieure du corps qui supplée à l'absence de nageoires.

Remarque. — *Dans le troisième et le quatrième cas, la stabilité longitudinale est conservée, mais le plan d'équilibre est modifié et le Poisson, dans le décubitus abdominal, nage obliquement dirigé vers le fond, la tête en avant.*

Le Labre (*Labrus Bergylta*), que j'ai étudié à Roscoff, donne le même résultat.

Le Poisson rouge (*Carassius auratus*) présente un cas encore plus intéressant.

Si l'on place un de ces animaux, acclimaté en aquarium, dans une chambre noire, et qu'au bout d'un jour ou deux on éclaire vivement l'intérieur de l'eau à l'aide d'une source électrique puissante, on constate que le Poisson reste, parfois, complètement immobile pendant un temps assez long. Une photographie, dont la pose peut s'élever, dans les circonstances favorables, jusqu'à 1 minute, ne révèle aucun déplacement dans le plan horizontal et vertical, ni aucun mouvement des nageoires.

Si l'on considère qu'un Poisson rouge, mort ou anesthésié, monte le ventre en l'air à la surface, s'il est en flottabilité positive, ou se couche au fond sur le flanc, s'il est en flottabilité négative, le fait sur lequel j'appelle l'attention semble paradoxal.

Même si l'on admet que le Poisson est placé dans un plan où sa densité

égale celle de l'eau, il reste à expliquer pourquoi il ne se couche pas sur le flanc et ne s'incline pas en avant.

Des mouvements imperceptibles des nageoires ou du tronc sont bien peu probables et se traduiraient par un certain flou dans les contours de l'image photographique. Les opercules des ouïes continuent au contraire à battre et leur mouvement me paraît expliquer le phénomène.

En résumé : 1° Les nageoires, dans un Poisson bien vivant, ne sont pas indispensables pour assurer l'équilibre dans le decubitus abdominal.

2° Même dans les Poissons où le centre de gravité est reporté très haut et où l'équilibre dans la position normale est très instable, la stabilité longitudinale et transversale peut être maintenue, après suppression de toutes les nageoires, soit par les mouvements de godille de l'extrémité du tronc, soit par le seul mouvement des ouïes, dans le cas du Poisson rouge.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le mécanisme de la toxicité du sérum de la murène.* Note [1] de M. W. Kopaczewski, présentée par S. A. S. le Prince A. de Monaco.

Nous avons observé [2] l'apparition des agglomérations micellaires chaque fois où, sous l'influence des différents agents physiques, le sérum de la murène perdait ses propriétés toxiques. Cette constatation nous a suggéré l'hypothèse qu'on doit chercher l'explication de la toxicité sérique dans une réaction d'ordre physique colloïdal. Dans ce cas, trois facteurs peuvent intervenir pour faciliter ou empêcher la formation des complexes colloïdaux : la viscosité, la tension superficielle et la charge électrique. Et en effet, nous avons démontré [3] qu'en modifiant la viscosité ou la tension superficielle du sérum de la murène, soumis à l'influence des agents physiques destructifs, on peut volontairement faciliter ou empêcher l'apparition des agglomérations micellaires et, *ipso facto*, faciliter ou empêcher la disparition de cette toxicité sérique.

D'autre part, dans les réactions de précipitation des colloïdes la tension

---

[1] Séance du 26 novembre 1917.
[2] Kopaczewski, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 725.
[3] Kopaczewski, *loc. cit.*

superficielle après la précipitation doit être sensiblement identique au liquide intra-micellaire; si donc l'intoxication par le sérum de la murène des animaux d'expérience est une réaction physique de précipitation, la tension superficielle du sérum après l'intoxication doit avoir baissé. Nous avons observé un fait analogue dans le choc provoqué par l'*anaphylatoxine* (1). Cosmovici (2), dans un travail fait sous la direction de Portier, a observé cet abaissement dans l'intoxication par le sérum de congre ou d'anguille; nous l'avons constaté de nouveau ici : la tension superficielle du sérum de cobaye tombe de 68,90 à 65,22 dynes après l'intoxication par le sérum de la murène.

Nous avons cherché à constater la formation d'un complexe colloïdal par le transport électrique, mais sans résultat, quoique ce transport ait été effectué tout en évitant l'électrolyse. Toutefois d'après les travaux les plus récents de : Henri, Meyer, Bottazzi, Hardy, W. Oswald, la formation de ces complexes peut avoir lieu sans qu'on puisse nécessairement la constater au moyen de transport électrique.

En suivant l'hypothèse que la toxicité du sérum est due à sa structure moléculaire *sui generis* nous avons trouvé à son appui des faits observés auparavant par Gley (3), Camus et Gley (4), Briot (5) sur la toxicité du sérum de la lamproie, de la raie, de la torpille et surtout dans le fait connu de la toxicité du sérum de poisson non venimeux : de congre et d'anguille.

Nous avons vérifié la toxicité du sérum de la raie décrite par Camus et Gley (6) et nous avons expérimenté le sérum du *Scyllium catulus*, qui s'est montré pourvu d'une toxicité assez accentuée.

Cependant chez les poissons cités, à l'exception du congre et de l'anguille appartenant à la même famille que la murène, cette toxicité n'est jamais si foudroyante. Nous savons que le sang des serpents est toxique et Calmette (7) a constaté que le sérum antivenimeux est en même temps antitoxique contre la toxicité du sang des serpents.

Nous avons après beaucoup de difficultés immunisé des lapins contre 9

---

(1) Kopaczewski et Muttermilch, *C. R. Soc. Biol.*, vol. 77, 1914, p. 417.
(2) Cosmovici, *Thèse de la Faculté des Sciences de Paris*, 1915.
(3) Gley, *Soc. Biol.*, vol. 78, 1915, p. 116-188.
(4) Camus et Gley, *Soc. Biol.*, vol. 78, 1915, p. 203.
(5) Briot, *Arch. Physiol.*, vol. 5, 1903, p. 271.
(6) Camus et Gley, *loc. cit.*
(7) Calmette, *Les venins*. Masson, 1907.

à 15 doses mortelles du sérum de la murène, et le sérum obtenu possédait des propriétés préventives contre le venin et contre le sérum de la murène.

Ces faits montrent que le venin doit être en relation étroite avec la toxicité sérique.

Phisalix et Bertrand ([1]) concluaient à la présence du venin dans le sang des serpents grâce à une sécrétion interne; par contre, Calmette a très justement réfuté cette hypothèse, étant donné que le sérum perd ses propriétés toxiques après le chauffage à 60°, tandis que le venin résiste parfaitement à cette température.

En ce qui concerne le sérum de la murène, nous avons constaté que non seulement le venin est de beaucoup plus thermostabile que le sérum, mais que les symptômes d'intoxication et le tableau à l'autopsie diffèrent sensiblement. Nous savons, en plus, que le venin est précipitable par l'alcool; or, après la précipitation du sérum par l'alcool, on retrouve les propriétés toxiques dans le filtrat ([2]).

Ce n'est donc pas le venin, tel quel, qui se trouve dans le sang. Est-ce donc, comme le veut Calmette, une substance diastasique qui en même temps soit une partie essentielle dans la constitution complexe du venin des serpents?

Nous savons que les diastases sont précipitables par l'alcool, qu'une action diastasique en l'absence d'électrolytes spécifiques est improbable (Bertrand) et qu'en tous cas le facteur temps est essentiel dans les réactions diastasiques. Or le choc toxique provoqué par le sérum de la murène est pour ainsi dire instantané, le sérum dialysé est toxique et, après la précipitation par l'alcool, ce n'est pas le précipité qui est toxique mais bien le filtrat. Éliminons donc une action diastasique d'un ferment hypothétique.

Résumons. Une relation entre venin et la toxicité sérique de la murène est indiscutable. Est-elle due à une substance qui intervient ici? Et serait-ce une substance dans le genre des proferments, un provenin? Nous n'en savons rien, et nous n'en voyons aucun indice précis.

Dans tous les cas, la toxicité d'une telle substance hypothétique serait liée à sa structure moléculaire et à ses propriétés colloïdales. Ce fait est nettement établi par les expériences sur la tension superficielle, la viscosité et la structure micellaire des sérums expérimentés.

([1]) Phisalix et Bertrand, *Arch. Physiol.*, 1894.

([2]) Kopaczewski, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 963 et t. 165, 1917, p. 600.

Conclusions. — Après l'intoxication des animaux d'expériences par le sérum de la murène, la tension superficielle de leur sérum baisse.

Le sérum de quelques poissons non venimeux (*Scyllium catulus*, Raie, Torpille) s'est montré toxique pour les cobayes, mais cette toxicité est de beaucoup inférieure à celle de la murène.

La toxicité sérique semble être en relation étroite avec le venin, ainsi que le prouvent les expériences sur l'immunisation. Le sérum de lapin immunisé contre 9 à 15 doses mortelles de sérum de la murène possède également des propriétés antivenimeuses.

La toxicité extraordinaire du sérum de la murène n'est pas due à la présence du venin, tel quel, dans le sang; parce que ce sérum perd sa toxicité presque totalement après le chauffage à 65°, tandis que le venin résiste à cette température.

Ce n'est pas une substance diastasique dans le sens de Calmette, étant données la toxicité du sérum dialysé ou précipité par l'alcool et la rapidité du choc d'intoxication.

Étant donnée la toxicité du sérum des poissons non venimeux, il faut plutôt admettre que la toxicité du sérum de la murène réside dans une structure moléculaire, *sui generis*, de sorte que l'injection de ce sérum dans le sang hétérogène provoque une rupture d'équilibre moléculaire qui se traduit expérimentalement par l'apparition des agglomérations micellaires et par l'abaissement de la tension superficielle du sérum de l'animal intoxiqué. Mais cette toxicité est exagérée grâce au venin, avec lequel elle doit être en relation étroite. La nature de cette relation reste à éclaircir.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de septembre 1917 (*suite et fin*).

Ministère de l'Agriculture. Direction générale des eaux et forêts. Service des grandes forces hydrauliques (région du sud-ouest) : *Résultats obtenus pour le bassin du Salat pendant l'année* 1911, t. III, fasc. D, 1914-1916; — *Résultats obtenus pour le bassin du Salat pendant l'année* 1912, t. IV, fasc. D, 1914-1916; — *Résultats obtenus pour les bassins de la Nive, du Saison et du Gave d'Oloron, pendant les années* 1913 *et* 1914, t. V, fasc. A; — *Résultats obtenus pour le bassin du Salat, pendant les années* 1913 *et* 1914, t. V, fasc. D; — *Résultats obtenus pour les bassins de l'Ariège et de l'Aude, pendant les années* 1913 *et* 1914, t. V, fasc. E; — *Résultats obtenus pour le bassin du Salat, pendant les années* 1915 *et* 1916, t. VI, fasc. D. 6 cartons de documents en feuilles in-8°.

List of the geological Society of London. September, 1917. London; 1 fasc. in-12.

The frontiers of language and nationality in Europe, by Leon Dominian. New-York, American geographical Society, 1917; 1 vol. in-4°.

Brothers or the brotherhood of man, by J. D. Lawrence. Santa-Monica, California, 1917; 1 fasc.

Gli elementi per lo studio della resistenza al moto dei solidi nei fluidi, par Giuseppe Candiani. Padova, Societa cooperativa, 1917; 1 fasc. in-12.

Bibliografia general de temblores y terremotos por F. de Montessus de Ballore; séptima parte : primera entrega; 1ª, 2ª y 3ª partes. Santiago de Chile, Imprenta universitaria, 1917; 1 vol. in-8°.

Equilibrio cosmico; parte I : *L'equilibrio nel mondo fisico*, par Alessandro Vecellio. Feltre, Castaldi, 1916; 1 fasc. in-8°.

Ouvrages reçus dans les séances d'octobre 1917.

Observations de nébuleuses et d'amas stellaires, par G. Bigourdan, t. I, 1re partie, introduction. Paris, Gauthier-Villars, s. d.; 1 vol. in-4°.

Les sciences mathématiques en France depuis un demi-siècle, par Émile Picard. Paris, Gauthier-Villars, 1917; 1 fasc. in-8°.

La vie et l'œuvre de Gaston Darboux, par Émile Picard. Paris, Gauthier-Villars, 1917; 1 fasc. in-4°. (Extrait des *Annales scientifiques de l'École normale supérieure*.)

Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. CAISSE DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES. *Rapports scientifiques sur les travaux entrepris en 1913 au moyen des subventions.* Melun, Imprimerie administrative, 1914; 1 vol. in-4°.

Devoirs et périls biologiques, par le Dr GRASSET. Paris, Félix Alcan, 1917; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Charles Richet.)

Chirurgie de guerre. Les fractures, déplacements, séquelles, décalcifications, raideurs articulaires consécutives, par EDMOND DELORME. Paris, Fournier, 1917; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Laveran.)

Œuvres de Charles Hermite, publiées sous les auspices de l'Académie des Sciences, par ÉMILE PICARD, t. IV. Paris, Gauthier-Villars, 1917; 1 vol. in-8°.

Thirty-first annual report of the bureau of american ethnology to the secretary of the Smithsonian institution (1909-1910). Washington, government printing Office, 1916; 1 vol. in-4°.

Les institutions scientifiques, agricoles et forestières de l'Inde anglaise, par AUG. CHEVALIER. Hanoï-Haiphong, Imprimerie de l'Extrême-Orient, 1917; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Guignard.) (Extrait du *Bulletin économique de l'Indo-Chine.*)

Les eaux souterraines des États-Unis, spécialement dans les terrains quaternaires, par ED. IMBEAUX. Stockholm, Cederquisto grafiska aktiebolag, 1917; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Termier.)

Le réservoir souterrain de l'Égypte, par CHARLES AUDEBEAU; *L'utilisation du réservoir souterrain de l'Égypte*, par VICTOR M. MOSSÉRI; *Le labourage en Égypte*, par CHARLES AUDEBEAU et VICTOR MOSSÉRI. (Extrait du *Bulletin de l'Institut égyptien*, 1914-1916). 3 fasc. in-8°. (Présentés par M. Lecomte.)

Cours de Chimie (Lois générales, métalloïdes) à l'usage des candidats aux grandes écoles, par MARCEL BOLL. Paris, Dunod et Pinat, 1917; 1 vol. in-12. (Présenté par M. Haller.)

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco; fascicule LI : *Pycnogonides provenant des campagnes scientifiques de S. A. S. le Prince de Monaco* (1885-1913), par E.-L. BOUVIER. Imprimerie de Monaco, 1917; 1 fasc. in-f°. (Présenté par S. A. S. le Prince de Monaco.)

La morphologie du cerveau chez les singes et chez l'homme, par R. ANTHONY. Paris, Alcan, 1917; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Edmond Perrier.) (Extrait de la *Revue anthropologique.*)

(*A suivre.*)